Informe Técnico #2

Gestión del almacenamiento de la pila de concentrado de cobre de Minera Panamá, gestión del riesgo, monitoreo y control.

Elaborado por,
Ricardo Tamayo
Supervisor Planta de Filtración de concentrado de Cobre

Estado actual de la pila de concentrado

Como parte del plan de monitoreo constante de temperatura y gases dentro de la galera de concentrado de cobre, durante una toma de muestra se identificó una nube de un gas que hasta ese momento se desconocía su contenido y el personal de campo reportó un olor fuerte e irritante. Se realizaron las gestiones e investigaciones para identificar el gas dando como resultado presencia de dióxido de azufre (SO_2) en **1.25 ppm** al mover material a 2 metros de profundidad de la pila como lo muestra la figura 1. La medición de la concentración de este gas se realiza en un espacio abierto lo cual no permite medir la concentración real del gas que se está generando.

Figura 1 Nube de SO_2 al remover material de la superficie de la pila y medición del analizador de gases

Según el artículo *Evaluation and control of self-heating in sulphide concentrates (2001),* la emision de SO_2 es resultado que la humedad se ha completamente evaporado en la superficie de la pila y el gas al estar atrapado en la pila es liberado al mover el material.

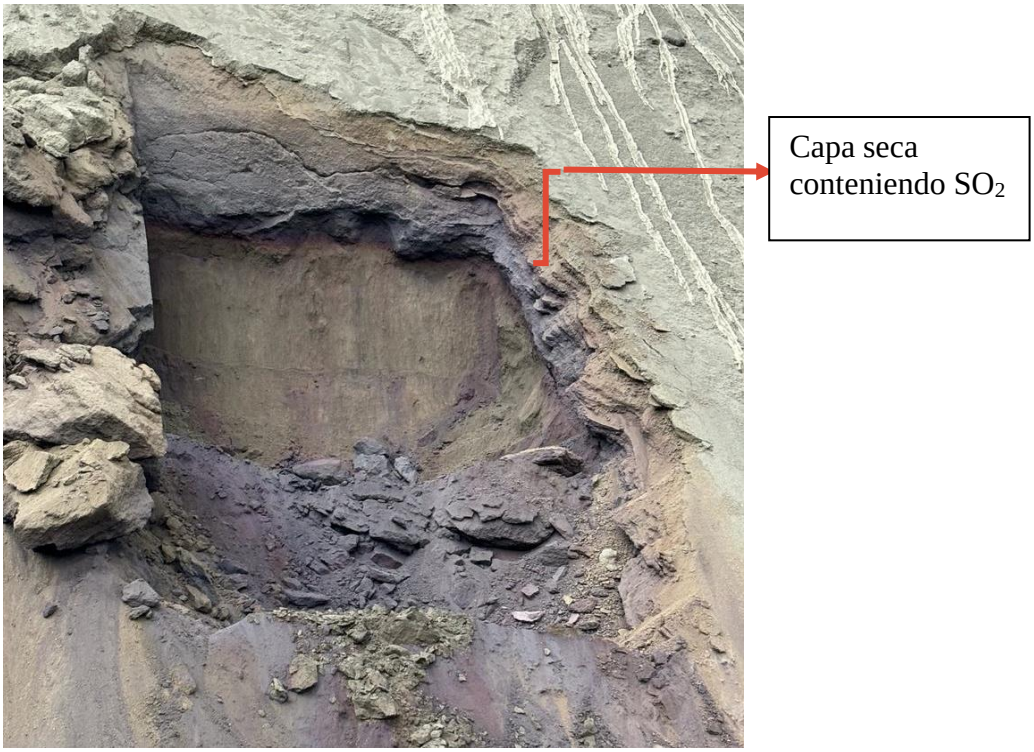

Figura 2. Excavación durante monitoreo de pila

La formación de dióxido de azufre (SO_2) se debe a la oxidación del sulfuro de hidrógeno (H_2S) identificado previamente el cual se sigue monitoreando y registramos como parte del monitoreo de material al reaccionar la calcopirita y pirita que son los principales componentes del concentrado de cobre.

La combinación de agua (H2O), oxígeno (O2) y dióxido de azufre (SO2) puede dar lugar a una serie de reacciones dependiendo de las condiciones y la proporción de cada componente. Algunas de las posibles reacciones que podrían ocurrir:

Formación de ácido sulfúrico (H2SO4):

$$2SO2(g)+O2(g)+2H2O(l)->2H2SO4(aq)$$

Esta reacción implica la oxidación del dióxido de azufre (SO2) y la posterior combinación con agua para formar ácido sulfúrico.

Formación de ácido sulfuroso (H2SO3):

$$SO2(g)+O2(g)+H2O(l)->H2SO3(aq)$$

En esta reacción, el dióxido de azufre se oxida parcialmente para formar ácido sulfuroso.

Como resultado de la presencia de dióxido de azufre en ambiente húmedo se va a formar sustancias ácidas como ácido sulfúrico que causa corrosión a la estructura de la galera de almacenamiento [2]. En caso de alguna falla en la estructura o revestimiento de la galera, el concentrado de cobre quedaría expuesto al medio ambiente

La figura 3 muestra la humedad actual en la superficie de la pila hasta 0.5 metros de profundidad, demostrando la disminución promedio de 8% a 0.5%, como resultado de la formación previa de sulfuro de hidrógeno (H_2S) el cual ya se ha oxidado dando como resultado dióxido de azufre (SO_2)

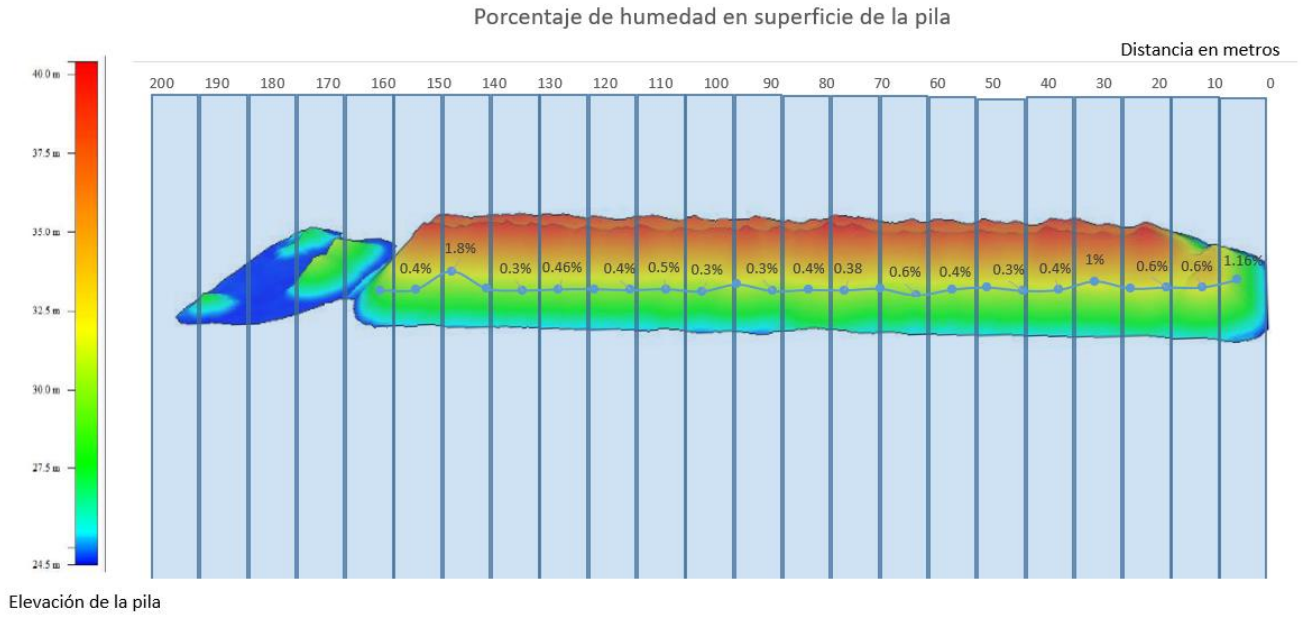

Figura 3. Humedad en superficie de la pila

Como resultado de tener baja humedad, se hace difícil manipular el polvo de concentrado sin el riesgo que contamine el exterior al momento de su despacho. Humedecer el material por medio de aspersores es una opción para el control de polvo, sin embargo, debido a la presencia de dióxido de azufre se va a generar ácido sulfúrico, impactando enormemente los sistemas mecánicos e incrementando los riesgos al personal.

Riesgos asociados a la salud y seguridad

- Emanación de gases tóxicos como dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno pone en riesgo de intoxicación por inhalación al personal.
- Grandes concentraciones de gases en puntos específicos dentro de la galera pueden afectar al personal provocando anoxia y asfixia.
- El concentrado de partículas finas puede ser volante al no contar con humedad suficiente, este material puede ser inhalado, puede salir del almacén, generando impactos a la salud y el ambiente.
- La compactación de la pila va a afectar los equipos mecánicos, lo cual también es un riesgo para el personal durante las tareas de operación.
- Dificulta para el personal el manejo del material debido a que el control de polvo se realiza con rociado de agua y en contacto con dióxido de azufre esto produce ácidos con riesgos para las personas e impactando también los equipos debido a la corrosión.
- El gran volumen de la pila de concentrado con alturas de más de 12 metros genera el riesgo de atrapamiento debido a que el material apilado se sostiene por cohesión y humedad, al estar el material seco y sin cohesión genera inestabilidad de sus taludes, por lo que puede desprenderse, poniendo en riesgo la seguridad del personal y ambiente e integridad de equipos e infraestructuras.
- Presencia de dióxido de azufre al interactuar con agua (también la humedad del ambiente) produce formación de ácidos provocando corrosión en las estructuras y equipos.
- La presencia de dióxido de azufre indica que al fondo de la pila se ha alcanzado temperaturas muy altas, siendo posible encontrar puntos de mayor temperatura, ya que no es posible conocer la temperatura en las partes más profundas de la pila.
- Riesgo de ignición de la pila producto de la reacción exotérmica interna o una causa externa como una falla eléctrica, esto a su vez generara altas concentración de gases de azufre, y con la presencia de un agente reactor podría arder.

Riesgos asociados al Medio Ambiente.

- Presencia de dióxido de azufre al interactuar con agua y oxígeno produce formación de ácidos impactando el medio ambiente.
- Al producirse ácidos que afectan la estructura y revestimiento de la galera, el material puede quedar expuesto al medio ambiente siendo fuente de contaminación de agua residual ácida [2]
- El material particulado y seco, debido al tiempo prolongado de almacenamiento y calentamiento de la pila puede incrementar la volatilidad de partículas finas impactando suelo y aire.
- El Sulfuro de Hidrogeno, también conocido como ácido sulfhídrico, en contacto con agua puede generar lixiviados; contaminando aguas subterráneas e impactando el ambiente.

Conclusión

Se toman en consideración los siguientes aspectos:

- Riesgo de ignición de la pila de concentrado de cobre: La temperatura de la pila de concentrado de cobre está aumentando debido a una reacción exotérmica dentro de la misma como resultado de su almacenamiento prolongado. Dicha temperatura puede seguir incrementando, exponenciando al sobrepasar los 100 grados centígrados.
  Entiéndase que una ignición bajo las condiciones de volumen excesivo es imposible de controlar dada la limitación de espacio para su manejo, en este momento la emanación de gases también incrementara.
- El almacenamiento por largos períodos también provoca la generación de gases que son un peligro latente a la salud, seguridad y medio ambiente, tales como el sulfuro de hidrógeno y disulfuro de carbono, que son gases tóxicos e inflamables. Las actividades vigentes de monitoreo de la pila de acopio como parte de las actividades de preservación han identificado la presencia de estos gases.
- El dióxido de azufre se presenta si el auto-calentamiento llega a sobrepasar temperaturas mayores a los 100 grados centígrados o al evaporarse toda la humedad en la superficie.
- El concentrado de cobre ya ha perdido significativamente su humedad esto provocara compactación en su interior, causando complicaciones en la recuperación futura del concentrado que pueden provocar que sea necesario la reprocesamiento del material almacenado.
- Debido a la perdida de humedad y a la necesidad de mantener la galera bajo ventilación natural polvo de concentrado pudiese afectar el ambiente exterior.
- Se ha evidenciado que dentro de la pila de concentrado de cobre hay una acumulación de gases los cuales se irán liberando al ambiente en el momento en que hay movimiento del producto
- Debido a las condiciones identificadas actualmente, durante el reclamado para el embarque de producto, se espera que haya una emanación continua de gases lo cual es un riesgo adicional para el personal durante la operación.

La empresa ha tomado todas las medidas para el monitoreo, control y mitigación de los aspectos relacionados a los riesgos del almacenamiento prolongado del concentrado de cobre ejecutándose acciones efectivas para mantener al personal seguro y proteger el ambiente. El hecho de que se haya detectado la generación de un nuevo gas es el reflejo del continuo monitoreo y del entendimiento del riesgo de gran potencial que implica el almacenamiento prolongado del concentrado. Ninguna de las acciones que puedan tomarse van a hacer desaparecer los riesgos.

Como conclusión, la única forma eficaz para eliminar los riesgos asociados a este inventario es su traslado y embarque hacia su destino de proceso lo antes posible para evitar sea añada una nueva condición de riesgo ambiental, de seguridad y/o operacional que complique el almacenamiento y manejo del material.

Referencias técnicas

[1] Rosenblum, F., Nesset, J., Spira, P. (2001). Evaluation and control of self-heating in sulphide concentrates. CIM Bulletin, Vol. 94, N°1056, 92-99.

[2] Lui, H., Xiang, C., Hong, R., Song, Y., Jin, K., Zhu, K., Yang, C., Lv, C., (2019). Thermal behavior and kinetics of sulfide concentrated. Thermal Science 23, 194-104.